

Aus der Prothetischen Abteilung
(Leiter: Prof. Dr. F. Jung) der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. F. Jung)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen über die Haftung der elastischen Abformmaterialien am Abdrucklöffel

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz 1962

vorgelegt von
Zahnarzt Cengiz Tokman
aus Ankara/Türkei
Mainz 1963



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554410_0014

Aus der Prothetischen Abteilung
(Leiter: Prof.Dr.F. Jung) der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof.Dr.F. Jung)
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Untersuchungen über die Haftung der
elastischen Abformmaterialien am Abdrucklöffel

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes-Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von
Zahnarzt Cengiz Tokman
aus Ankara/Türkei
Mainz 1963



Referent: Priv.Doiz. Dr.L. Hupfauf

Koreferent: Prof. Dr.F. Jung

Dekan: Prof. Dr.Dr. K. Wagner

1900

1901

1902

1903

1904 Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit

1905

1906

1907

1908

1909

1910

1911

1912

1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Physikalische Untersuchungen	4
3. Begründung der unterschiedlichen Ergebnisse der Einzelversuche	8
4. Erste Versuchsreihe	10
5. Vorbemerkungen zur zweiten Versuchsreihe	13
6. Einwirkungsmechanismus der Perforation auf die Haftung	24
7. Bemerkungen zur dritten Versuchsreihe	28
8. Berechnung der gesamten Haftung auf einem mittelgroßen Oberkiefer-Löffel	36
9. Vorschlag eines neuen für Alginate besonders geeigneten Abdrucklöffels	40
10. Kritische Betrachtung	44
11. Zusammenfassung	45
12. Literaturverzeichnis	46
13. Lebenslauf	49

1. EINLEITUNG

Gegenüber den in der Zahnheilkunde seit Ende des 19. Jahrhunderts gebräuchlichen Abformmaterialien, wie Gipskompositionen oder thermoplastische Abdruckmassen, besitzen die elastischen Abdruckmittel, die in den letzten beiden Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewannen, erhebliche Vorteile. Sie lassen sich in einem Stück entfernen und formen die unter-sich-gehenden Abschnitte der Zahnreihen und der Kiefer weitgehend naturgetreu ab. Damit wurden dem Zahnarzt Materialien in die Hand gegeben, die ein rationelles Arbeiten erlauben und für den Patienten manche Erleichterung bringen. Mit diesen Verbesserungen waren allerdings verschiedene Nachteile verbunden:

Die Hydrokolloidabdruckmassen auf der Basis des Agar-Agar aufgebaut, mußten bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmt und sehr vorsichtig verarbeitet werden. Da ihr Rückstellvermögen nach elastischer Verformung unvollkommen ist, wurden sie in Deutschland kaum verwendet.

Im Gegensatz dazu gewannen die Alginate - nach 1945 erstmals aus den Vereinigten Staaten eingeführt - sehr schnell an Bedeutung. Gegenüber den reversiblen Hydrokolloiden müssen sie - aus Seetang gewonnen und auf der Basis der Algin säure aufgebaut - als irreversible Hydrokolloide bezeichnet werden.

Ihre einfache Verarbeitung ist allerdings von einigen Nachteilen begleitet, die nur durch Sorgfalt ausgeglichen werden können. So führt die Verdunstung des in ihm enthaltenen Wassers sehr schnell zu Volumenveränderungen der irreversiblen Hydrokolloide, welche die naturgetreue Wiedergabe des Gipsmodells und damit die Paßform der Prothese beeinträchtigen. Deshalb muß das Negativ des Abdrucks möglichst schnell, innerhalb von 15 Minuten nach der Abformung, mit Gips ausgefüllt werden. Außerdem löst sich das elastische Abformmaterial vom Abdrucklöffel, in dem es auf Grund seiner physikalischen Eigenschaften nicht zweckmäßig fixiert werden kann. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß das

Abdruckmaterial dicht der abzuformenden Fläche anliegt und nur durch Aufwendung einer gewissen Kraft, die zur Überwindung der Kapillarkräfte und des Luftdrucks führt, entfernt werden kann. Während des Entfernens des Abdruckes tritt somit eine gleitende Reibung des Abformmaterials im Bereich der senkrechten Löffelränder auf, die der Richtung der Krafteinwirkung entgegengesetzt ist (Abb. 1, 2). Zusätzlich wird die gleitende Reibung durch die beim Entfernen des Abdruckes aufzuwendende Kraft unterstützt, die zur Überwindung unter-sich-gehender Stellen notwendig ist. Diese liegen vor allem im Zahnbereich unterhalb des horizontalen Äquators, im Bereich der Jugae alveolares und unterhalb der Linea mylohyoidea.



Abb. 1

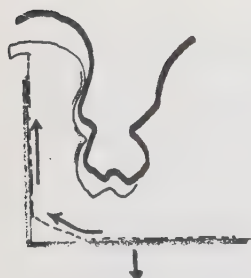


Abb. 2

Die Ablösung des Alginates beginnt an den Löffelrändern und setzt sich weiter fort (Abb. 1, 2). Die Kraft, die eine gleitende Reibung auslöst, ist sehr gering. Sie beträgt für 1 cm^2 ca. 55 Pont (Gramm). Es ist deshalb anzunehmen, daß die Gleitbewegung schon mit sehr kleinen Kräften auszulösen ist, wodurch eine sich fortplanzende Ablösung des Materials von der Löffelfläche erfolgen kann.

Dadurch wird das Negativ verformt. Auf dieser Basis gebaute Prothesen werden also nicht mehr in dem erwünschten Maße passen.

Daraus ergibt sich die Forderung, vor der Abformung die an den senkrechten Wänden auftretende Ablösung des Abdruckmaterials von der Löffelbasis auszuschalten.

Im folgenden soll untersucht werden, wie sich verschiedene Alginat gegenüber der Ablösung bei verschiedenen Löffelformen verhalten.

2. PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN

Um die Haftkraft rein physikalisch festzustellen, habe ich die Versuche auf einer verchromten Metallplatte (dem gewöhnlichen Abdrucklöffel entsprechend) mit Hilfe einer Federwaage durchgeführt. Damit die verschiedenen Versuche und deren Ergebnisse verständlicher sind, soll eine Versuchsreihe ausführlich beschrieben und dargestellt werden:

Untersuchungsmethode:

1. Methode zur Prüfung der Haftfestigkeit an glatten, verchromten Flächen.

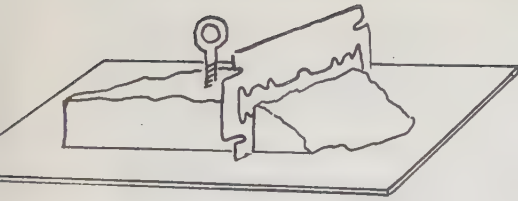
Apparatur:

- a) Metallfläche, glatt (verchromt)
- b) Durchlöchernte Zwischenmetallplatte (um den Abdruck abzuziehen)
- c) Federwaage
- d) Stoppuhr

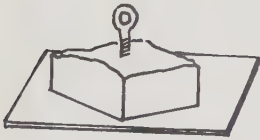
Verfahren:

Die Pulvermenge wird zusammen mit der entsprechenden Wassermenge im Verhältnis 1 : 1 in eine Mischschale gegeben und 45 sek. durchgespachtelt. Anschließend wird der Brei auf der entsprechenden Metallfläche ca. 3 - 4 mm dick aufgetragen. Die durchlöchernte Zwischenmetallplatte wird auf die Masse gedrückt und wieder mit der Abdruckmasse sorgfältig bedeckt. Nach dem Erstarren der Masse (3 min.) wird mit einem scharfem Messer oder einfacher mit einer Rasierklinge geradlinig und senkrecht bis zur Metallfläche ein kastenförmiges Viereck geschnitten (Abb. 3 - 5).

Nach 3 min. und 45 sek. wird das kastenförmige Abdruckmaterial mit Hilfe einer Federwaage möglichst senkrecht und unter gleichmäßiger Kraftsteigerung nach oben gezogen. In diesem Moment müssen die Augen dem Federwaagen-



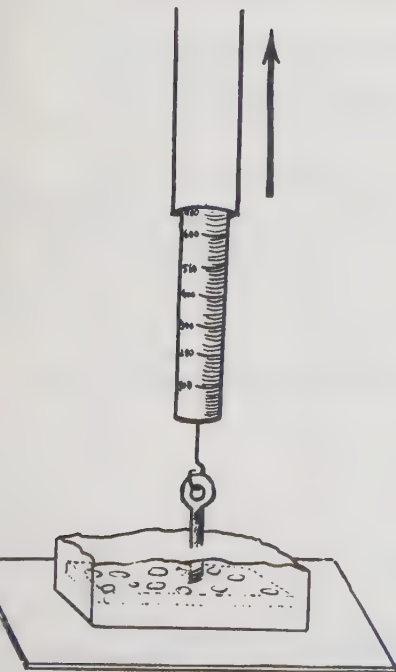
(Abb. 3)



(Abb. 4)



(Abb. 5)



zeiger mit Vorsicht folgen, um im Augenblick des plötzlichen Losreißen der Masse von der Oberfläche den Zeigerstand abzulesen, der die Haftkraft (K), die man in gr (Pont) ausdrückt, wiedergibt. Anschließend werden die Kantenlängen des Abdruckmaterials mit dem Millimetermaßstab gemessen und die Berührungsfläche in cm^2 (F) berechnet.

$$\frac{K}{F} \text{ ergibt die Kraft pro cm}^2.$$

Die Ergebnisse einer Versuchsreihe zeigt die Tabelle 1.

Auswertung:

Um ein klares Resultat durch Berechnung zu erzielen, ist es notwendig, daß man Streuungsbereiche und Mittelwertschwankungen möglichst in die Endergebnisse einbezieht.

Die Resultate aus $\frac{K}{F}$ werden addiert und durch die Versuchszahl dividiert.

So erhält man einen Mittelwert (M_W), der wiederum einzeln von jedem $\frac{K}{F}$ Wert abgezogen wird. Nun addiert man alle Differenzen, gleichgültig ob sie einen positiven (+) oder negativen (-) Wert besitzen. Diese Summe wird durch die Versuchszahl dividiert. So erhält man einen Abweichungsmittelwert, den man als (M_W Abw. $\bar{+}$) bezeichnet. Um den (M_W Abw. $\bar{+}$) in Prozent auszudrücken, wird der Mittelwert als 100 % angesehen, und dieser davon abgeleitet. Das Endergebnis einer Versuchsreihe, die nach dieser Berechnungsmethode ausgewertet wurde, gibt uns sehr klare Einblicke.

Das Endergebnis der ersten Versuchsreihe, die 8 Einzelversuche umfaßte, lautet:

$$154 \bar{+} 7,0 \quad (4,5 \%)$$

I. II. III.

- I. Mittelwert (in pont = Gramm)
- II. Abweichungsmittelwert
- III. Abweichungsmittelwert (in Prozent)

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = glatt, MISCHZEIT = 45 sek.,
ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle I)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	900	25 x 23	5,75	157	3
2	890	24 x 23	5,52	161	7
3	880	24 x 22	5,28	166	12
4	820	26 x 22	5,72	144	10
5	990	26 x 24	6,24	158	4
6	830	27 x 22	5,72	145	9
7	950	26 x 23	5,98	159	4
8	800	25 x 22	5,50	+ 145	+ 9
				1235	58

Endergebnis: I. $M_w = \frac{1235}{8} = 154 \text{ gr. pro cm}^2$

II. $M_w \text{ Abw.} = \frac{58}{8} = 7 \text{ (4,5\%)}$

III. $M_w + M_w \text{ Abw.} = 154 \pm 7 \text{ (4,5\%)}$

3. BEGRÜNDUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN ERGEBNISSE DER EINZELVERSUCHE

Alle anderen Versuche und ihre Resultate sind nach der beschriebenen Methode durchgeführt und berechnet. Bevor ich Einzelheiten zu erklären beginne, möchte ich die unterschiedlichen Ergebnisse der Einzelversuche begründen.

- a) Ein exaktes Mischverhältnis zwischen Pulver und Wasser ist trotz Messens (bei Zelex durch spezielle Waage, bei Zelgan durch Meßbehälter) nicht zu erreichen. Zelganpulver muß entweder in lockerem oder, durch längerem Liegen bedingt, in dichterem Zustand mit dem Meßbehälter herausgeschaufelt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß das Pulver, durch längeres Liegen dichter geworden und oft 1,5 mal schwerer als in seinem lockeren Zustand ist.
- b) Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit des Raumes, in dem die Versuche stattgefunden haben, waren nicht konstant.
- c) Die Werte der Wassertemperaturen und der Wasserbeschaffenheit schwankten.
- d) Trotz begrenzter Mischzeit (45 sek.) ist ein gleichmäßiges Spachteln nicht jedesmal möglich.
- e) Die Metallfläche ist trotz des Abwaschens mit 90 %igem Alkohol (als fettlösendes Mittel) nicht 100 %ig sauber zu bekommen (Fingerabdrücke). Ein Punkt, auf den in der Praxis wohl nicht geachtet wird und der die Haftung beträchtlich verringert, ist das Zurückbleiben einer Fettschicht, nachdem das Metall mit der Hand angefaßt wurde.
- f) Von großem Einfluß ist das Abziehen der Federwaage:

1. Eine exakte senkrechte (K) Abzugsrichtung ist nicht immer möglich und Abweichungen um wenige Grade von 90° verlangen größere Kräfte.
2. Das Spannen der Federwaage bis zur ablösenden Kraft erfolgt nicht bei jedem Versuch in gleichem Zeitabschnitt, d.h. die Waage wird manchmal rascher, manchmal langsamer gespannt. Bei raschem Ziehen ist K größer als bei langsamem Spannen.
3. Bei plötzlichem Losreißen des Materials von der Fläche ist die Zeigerstellung mit bloßem Auge schwer zu erkennen. (Diese Schwierigkeiten habe ich besonders bei den Versuchen erlebt, die auf glatter Fläche durchgeführt wurden.) Hier konnte ich bei $2/3$ der Versuche den letzten Stand des Zeigers nicht erkennen. Ideal wäre hier eine Filmaufnahme mit Zeitlupe gewesen.

Um diese Schwankungen auszuschalten, war ich gezwungen, von jeder Versuchsreihe mindestens fünf Einzelversuche durchzuführen.

Einzelne Versuchsreihen und entsprechende Erläuterungen.

4. ERSTE VERSUCHSREIHE: (a u f g l a t t e r F l ä c h e)

Methodik, Versuchsausrüstung und Berechnungen wie oben beschrieben

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = glatt, MISCHZEIT = 45 sek.,

ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 2)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	900	25 x 23	5,75	157	3
2	890	24 x 23	5,52	161	7
3	880	24 x 22	5,28	166	12
4	820	26 x 22	5,72	144	10
5	990	26 x 24	6,24	158	4
6	830	27 x 22	5,72	145	9
7	950	26 x 23	5,98	159	4
8	800	25 x 22	5,50	+ 145	+ 9
				1235	58

Endergebnis:

$$M_W = \frac{1235}{8} = 154 \text{ gr. pro cm}^2$$

$$M_W \text{ Abw.} = \frac{58}{8} = 7 (4,5\%)$$

$$M_W + M_W \text{ Abw.} = 154 \pm 7 (4,5\%)$$

te Versuchsreihe:

Modik, Versuchsaapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = glatt, MISCHZEIT = 45 sek.

ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 3)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	750	24 x 22	5,28	142	5
2	800	25 x 23	5,75	139	8
3	630	23 x 22	5,06	124	23
4	900	25 x 24	6,12	147	
5	950	27 x 26	7,02	135	12
69	950	26 x 25	6,50	146	1
7	750	24 x 24	5,75	130	17
8	920	23 x 22	5,06	182	35
9	890	23 x 22	5,02	176	26
				1321	130

Ergebnis: $M_W = \frac{1321}{9} = 147 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_W \text{ Abw.} = \frac{130}{9} = 14,4 \text{ (9,7\%)}$

$M_W + M_W \text{ Abw.} = 147 \pm 14,4 \text{ (9,7\%)}$

Erläuterungen:

Bei der Durchführung dieser Versuchsreihe, die gleichzeitig meine ersten Versuche waren, bin ich auf einige Schwierigkeiten gestoßen.

1. Wie bereits erwähnt, konnte ich am Anfang beim plötzlichen Abreißen des Abdruckmaterials den Federwaagenzeiger nicht genau beobachten und deshalb $\frac{2}{3}$ der Versuche nicht berechnen.
2. Bei manchen Fällen war die Kraft (K) so niedrig, daß man annehmen mußte, das kastenförmige Abdruckmaterial sei nicht senkrecht hochgezogen worden. Wir brachten dies mit der ungleichmäßigen Ablösung des Materials von der Unterlage in Zusammenhang.

Zusammenfassung der Ergebnisse der ersten Versuchsreihe:

Die Kraft, die erforderlich ist, ein Alginat von einer glatten Fläche abzu-
ziehen, beträgt

für Zelgan: 154 gr. pro cm^2

für Zelex: 147 gr. pro cm^2

5. VORBEMERKUNGEN ZUR ZWEITEN VERSUCHSREIHE

Bevor ich auf Einzelheiten eingehe, möchte ich bemerken, daß im Rahmen dieser Arbeit die kommenden Versuche von großer Wichtigkeit sind. Deshalb habe ich sie in vier Gruppen aufgeteilt. Es war nötig festzustellen, ob bei einer perforierten Fläche die Haftung von der Perforationsgröße und -form abhängt. Darum habe ich, wie bei der Abb. 7 zu sehen ist, die Versuche mit vier im Durchmesser verschieden großen Perforationsformen durchgeführt.

Zweite Versuchsreihe (a):

Methodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = perforiert (R = 1,5mm),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 4)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _W Differenz
1	1050	26 x 22	5,72	183	15
2	1050	24 x 23	5,52	190	8
3	1050	26 x 23	5,98	175	23
4	1300	25 x 25	6,25	208	10
5	1250	23 x 23	5,29	237	39
6	1100	25 x 21	5,25	209	11
7	1150	25 x 23	5,75	200	2
8	1100	24 x 23	5,52	199	1
9	1100	25 x 22	5,50	200	2
10	1200	25 x 25	6,25	+ 182	+16
				1983	127

Endergebnis:

$$M_W = \frac{1983}{10} = \text{ca. } 198 \text{ gr. pro cm}^2$$

$$M_W \text{ Abw.} = \frac{127}{10} = \text{ca. } 13 \text{ (6,4\%)}$$

$$M_W + M_W \text{ Abw.} = 198 \pm 13 \text{ (6,4\%)}$$

Erläuterungen:

Der Versuch zeigt nicht die Kraft (K) an, die beim plötzlichen Abreißen der Abdruckmasse entsteht, sondern der Federwaagenzeiger wird in dem Moment abgelesen, in dem die Masse sich gerade von der Oberfläche hochzuheben beginnt. Diese Versuche sind, wie überhaupt Versuche, die auf perforierten Flächen durchgeführt wurden, leichter als bei glatten Flächen durchzuführen, denn bevor die Masse sich endgültig ablöst bzw. abreißt, bewegt sie sich langsam nach oben. Es macht deshalb keine Schwierigkeiten, den letzten Zeigerstand zu beobachten. Außerdem zeigen die Werte keine auffallende Streuung. Aus dem Endergebnis ist klar zu ersehen, daß die Haftung (K) sich vergrößert hat.

Die zweite Versuchsreihe über Zelgan I wird fortgesetzt in den Teilen b, c, d, die über Zelex II in a, b, c, d.

Zweite Versuchsreihe (b):

Methodik, Versuchsaapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = perforiert (R = 2mm.) ,

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 5)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1280	27 x 25	6,75	190	1
2	1020	24 x 23	5,52	185	4
3	1030	24 x 23	5,52	187	2
4	1200	25 x 25	6,25	191	3
5	1200	25 x 25	6,25	191	3
6	1100	25 x 23	5,75	+190	+ 1
				1134	15

Endergebnis:

$$M_W = \frac{1134}{6} = \text{ca. } 189 \text{ gr. pro cm}^2$$

$$M_W \text{ Abw.} = \frac{15}{6} = 2,5 \quad (1,4\%)$$

$$M_W + M_W \text{ Abw.} = 189 \pm 2,5 \quad (1,4\%)$$

te Versuchsreihe (c):

odik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

ATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = perforiert (R = 3mm.),

ISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 6)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1100	27 x 25	6,75	163	16
2	1100	27 x 23	6,21	177	2
3	1000	25 x 24	6,00	166	13
4	950	25 x 23	5,75	165	14
5	1200	24 x 25	6,00	200	21
6	1200	24 x 25	6,00	200	21
7	1050	27 x 22	5,72	183	4
8	1100	25 x 24	6,00	183	4
9	1000	26 x 23	5,98	167	12
10	1150	25 x 25	6,25	+ 184	+ 5
				1788	113

gebnis: $M_W = \frac{1788}{10} = \text{ca. } 179$

$M_W \text{ Abw.} = \frac{113}{10} = 11,3 \quad (6,3\%)$

$M_W + M_W \text{ Abw.} = 179 \pm 11,3 \quad (6,3\%)$

Zweite Versuchsreihe (d):

Methodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = perforiert ($R_1 = 2\text{mm.}$ $R_2 = 3\text{mm.}$),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 7)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm^2)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1300	26 x 24	6,24	165	4
2	920	26 x 22	5,70	160	1
3	1100	26 x 25	6,50	171	10
4	970	25 x 25	6,25	152	9
5	870	25 x 22	5,50	158	3
6	1150	25 x 26	6,50	+ 161	+ -
				967	27

Endergebnis: $M_W = \frac{967}{6} = \text{ca. } 161 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_W \text{ Abw.} = \frac{27}{6} = 4,5 \text{ (2,8\%)}$

$M_W + M_W \text{ Abw.} = 161 \pm 4,5 \text{ (2,8\%)}$

ite Versuchsreihe (a):

thodik, Versuchsaapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = perforiert (R = 1,5 mm.),

ABGEZOGEN = nach 3 min., MISCHZEIT = 45 sek.

(Tabelle 8)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _W Differenz
1	1050	24 x 23	5,52	190	8
2	1050	24 x 23	5,52	190	8
3	1100	24 x 23	5,52	199	1
4	1100	24 x 23	5,52	199	1
5	1000	22 x 22	4,84	+ 205	+ 7
				983	25

Ergebnis: $M_W = \frac{983}{5} = \text{ca. } 198 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_W \text{ Abw.} = \frac{25}{5} = 5 \text{ (2,5\%)}$

$M_W + M_W \text{ Abw.} = 198 \pm 5 \text{ (2,5\%)}$

Zweite Versuchsreihe (b):

Methodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

II. MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = perforiert (R = 2mm.),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 9)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1050	26 x 23	5,98	176	—
2	950	24 x 23	5,52	173	3
3	1130	26 x 24	6,24	180	4
4	1080	26 x 23	5,98	181	5
5	980	25 x 23	5,75	+ 170	+ 6
				880	18

Endergebnis: $M_w = \frac{880}{5} = 176 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_w \text{ Abw.} = \frac{18}{5} = 3,5 \text{ (2\%)}$

$M_w + M_w \text{ Abw.} = 176 \pm 3,5 \text{ (2\%)}$

weite Versuchsreihe (c):

Methodik, Versuchsausrüstung und Berechnungen wie oben beschrieben

MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = perforiert (R = 3mm.),

MISCHZEIT = 45 sek.; ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle IO)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1130	27 x 25	6,75	168	8
2	1110	26 x 25	6,50	171	11
3	900	25 x 24	6,00	150	10
4	820	25 x 22	5,50	151	9
5	960	26 x 23	5,98	+ 161	+ 1
				801	39

Ergebnis: $M_w = \frac{801}{5} = \text{ca. } 160 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_w \text{ Abw.} = \frac{39}{5} = \text{ca. } 8 \text{ (5\%)}$

$M_w + M_w \text{ Abw.} = 160 \pm 8 \text{ (5\%)}$

Zweite Versuchsreihe (d):

Methodik, Versuchsaapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

II. MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = perforiert ($R_1 = 3\text{mm}$. $R_2 = 2\text{mm}$.),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle II)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm^2)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M_W Differenz
1	970	26 x 24	6,24	155	2
2	1000	26 x 24	6,24	161	8
3	860	25 x 23	5,75	150	3
4	820	24 x 23	5,52	148	5
5	870	24 x 24	5,76	<u>+ 151</u>	<u>+2</u>
				765	20

Endergebnis:

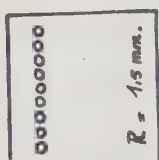
$$M_W = \frac{765}{5} = \text{ca. } 153 \text{ gr. pro cm}^2$$

$$M_W \text{ Abw.} = \frac{20}{5} = 4 \text{ (2,6\%)}$$

$$M_W + M_W \text{ Abw.} = 153 \pm 4 \text{ (2,6\%)}$$

Die Versuche a, b, c, d, der ersten Versuchsreihe (I, II) und der zweiten Versuchsreihe (I, II) sind nach dem gleichen Prinzip durchgeführt wie die Versuchsreihe I a.

Auf Abb. 7, die nach den Versuchen und ihren Endergebnissen entstanden ist, kann man deutlich sehen, daß die Größe der Perforationen sich auf die Haftung auswirkt.

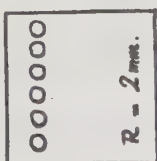


I. Bei Zelgan:

II. Bei Zelex:

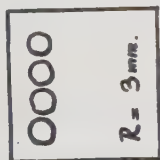
$198 \pm 12,3$ (6,4 %)

$198 \pm 5,0$ (2,5 %)



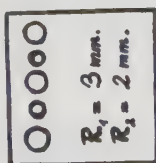
$189 \pm 2,5$ (1,4 %)

$176 \pm 3,5$ (2 %)



$179 \pm 11,3$ (6,3 %)

$160 \pm 8,0$ (5 %)



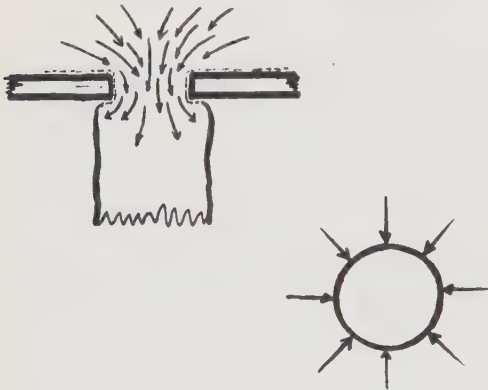
$161 \pm 4,5$ (2,8 %)

$153 \pm 4,0$ (2,6 %)

(Abb. 7)

6. EINWIRKUNGSMECHANISMUS DER PERFORATION AUF DIE HAFTUNG:

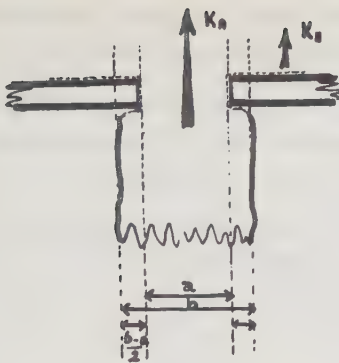
Außer glattwandigen Abdrucklöffeln sind für die Abformung mit elastischen Materialien perforierte Löffel im Handel. Bei Abdrucknahme mit diesen Löffeln preßt sich die noch zähflüssige Abdruckmasse unter Druck durch die Löcher. Beim Passieren des Materials wirken die Löcher als Engpaß und die Abdruckmasse wird durch die Innenflächen zusammengepreßt.



Wie auf Abb. 8 zu sehen ist, dehnt sich das Material durch seine noch vorhandene Elastizität in dem Augenblick aus, in dem es den Engpaß durchflossen hat.

(Abb. 8)

Die nach dem Erstarren aus den Löchern herausragenden "Retentionswürstchen" besitzen einen größeren Durchmesser als die Perforationslöcher. Wenn wir versuchen das erstarrte Material von dem Löffel abzureißen oder hochzuheben, müssen wir zwei verschiedene Kräfte überwinden: die Haftung auf glatter Fläche (K_H) und die Kraft, die nötig ist, um die Länge $b - a$ zu deformieren, (Abb.9) damit die "Retentionswürstchen" wieder die Perforation passieren können.



$$K_A = K_H + K_D$$

$$K_D > K_H$$

K_D ist größer als K_H

(Abb. 9)

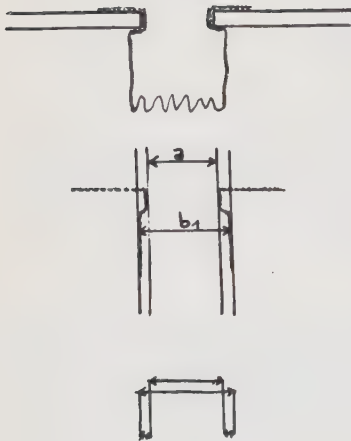
Aus dieser Formel ist rein mathematisch sofort zu ersehen, daß um eine möglichst große Gesamthaftkraft (K_A) zu erzielen, drei Faktoren nötig sind:

- a) wenig glatte Fläche
- b) eine möglichst hohe Umfangssumme
- c) eine zur Deformation bereitstehende, möglichst große Gesamtstrecke $(b-a) \times n$.

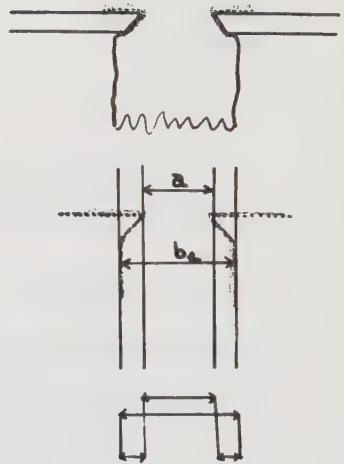
Erläuterung zu a, b, c :

Ein Löffel, der möglichst oft perforiert ist, erfüllt gleichzeitig alle drei (a, b, c) Bedingungen, denn durch möglichst zahlreiche Perforationen bleibt nur ein geringer Rest an glatter Fläche. Die Summen der Umkreise von zahlreichen Löchern ermöglichen eine relativ große Gesamtdeformationsstrecke.

Hierzu ist zu erwähnen, daß es nach diesen Erwägungen zweckmäßig erscheint die Perforation nach der Außenseite der Löffel kegelförmig zu gestalten und dadurch einen größeren Wert $(b-a)$ zu bekommen. Damit wird wiederum die Summe $(b-a) \times n$ vergrößert und die Gesamt-Kraft (K_A) erhöht. Diese Überlegungen sind allerdings nur theoretischer Natur, da man bei der Abdruckaktion das Material sowieso zusammenpreßt. Damit ist diese Bedingung auf viel leichtere Weise erfüllt.

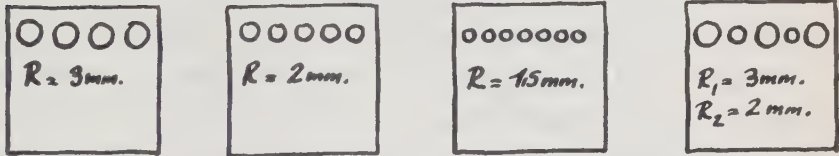


(Abb. 10)



(Abb. 11)

Es muß demnach festgestellt werden, daß bei perforierten Flächen die Haftkraft (K_A) nicht von dem Perforationsdurchmesser abhängig ist, sondern die Umfangssummen ausschlaggebend sind.



(Abb. 12)

Fläche:	1156 mm ²	1024 mm ²	1024 mm ²	1156 mm ²
löscherte	246 mm ²	254 mm ²	214 mm ²	252 mm ²
re der	472 mm	509 mm	570 mm	386 mm
weise:				
i Zelgan:	179+11,3(6,3%)	189+2,5 (1,4%)	198+12,3 (,4%)	161+4,4 (2,8%)
rgebnis)				
i Zelex:	160+8,0 (5 %)	176+3,5 (2%)	198+5,0 (2,5%)	153+4,0 (2,6%)
Ergebnis)				

So kann festgestellt werden, je größer die Umfangssummen desto größer ist die Haftung.

7. BEMERKUNGEN ZUR DRITTEN VERSUCHSREIHE

In dieser Reihe habe ich Versuche auf mit Pflaster beklebten Flächen durchgeführt. Diese Methode, die wir auch in unserer Klinik viel ausüben, steht mit ihrer Haftung für $\text{pro cm}^2 \left(\frac{K}{F} \right)$ zwischen den Ergebnissen der ersten und der zweiten Versuchsreihe. Durch Belegen der Oberfläche mit Pflaster benötigt man eine größere Abreißkraft gegenüber glatten Metallflächen. Diese Kraft pro Einheit $\left(\frac{K}{F} \right)$ nähert sich sogar erstaunlicherweise den Haftkraftwerten bei perforierten Flächen. Bei ungünstigen Perforationsformen wie z.B. Perforationen ($R = 3 \text{ mm}$ und $R_1 = 3 \text{ mm} + R_2 = 2 \text{ mm}$) kann sie die aufzuwendende Kraft sogar übertreffen. Als ich bei den ersten Versuchen erstaunlich große Kraftanstrengung brauchte, wußte ich, wie wichtig das Belegen der Löffel mit Pflaster ist.

Um ein exaktes Ergebnis zu erreichen, habe ich die Versuche mit weißem (Tesaband) und rotem (Leukoplast-Beiersdorf) Pflaster durchgeführt. Abb. 13 gibt einen Gesamtüberblick über Ergebnisse der dritten Versuchsreihe.

ZELEX

Mit rotem Pflaster	$182 \pm 4,8 (2,7\%)$
Mit weißem Pflaster	$191 \pm 5,0 (2,6\%)$

ZELGAN

Mit rotem Pflaster	$189 \pm 2,6 (1,3\%)$
Mit weißem Pflaster	$194 \pm 3,9 (1,6\%)$

Dritte Versuchsreihe (a):

Methodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = (mit rotem Pflaster belegt),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle I2)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1080	26 x 22	5,72	190	1
2	1010	24 x 23	5,52	183	6
3	1120	26 x 23	5,98	188	1
4	1200	25 x 25	6,25	193	4
5	1000	23 x 23	5,29	+ 190	+ 1
				944	13

Endergebnis: $M_W = \frac{944}{5} = \text{ca. } 189 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_W \text{ Abw.} = \frac{13}{5} = \text{ca. } 2,6 (1,3\%)$

$M_W + M_W \text{ Abw.} = 189 \pm 2,6 (1,3\%)$

Dritte Versuchsreihe (b):

Methodik, Versuchsaapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben

I. MATERIAL = Zelgan, FLÄCHE = (mit weißem Pflaster belegt),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle I3)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1290	27 x 25	6,75	190	4,5
2	1040	24 x 23	5,52	198	3,5
3	1210	25 x 25	6,25	194	0,5
4	1250	25 x 25	6,25	200	5,5
5	1090	25 x 23	5,75	+ 189	+5,5
				971	19,5

Endergebnis:

$$M_W = \frac{971}{5} = \text{ca. } 194 \text{ gr. pro cm}^2$$

$$M_W \text{ Abw.} = \frac{19,5}{5} = \text{ca. } 3,9 (1,6\%)$$

$$M_W + M_W \text{ Abw.} = 194 \pm 3,9 (1,6\%)$$

Dritte Versuchsreihe (c):

Methodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

II. MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = (mit rotem Pflaster belegt),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle I4)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1130	25 x 25	6,25	181	1
2.	1050	25 x 22	5,50	192	10
3	1030	24 x 23	5,52	187	5
4	1060	25 x 23	5,75	185	3
5	980	25 x 21	5,25	+ 187	+ 5
				932	24

Ergebnis: $M_w = \frac{932}{5} = \text{ca. } 186 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_w \text{ Abw.} = \frac{24}{5} = \text{ca. } 4,8 (2,7\%)$

$M_w + M_w \text{ Abw.} = 186 \pm 4,8 (2,7\%)$

tte Versuchsreihe (d):

hodik, Versuchsapparatur und Berechnungen wie oben beschrieben.

MATERIAL = Zelex, FLÄCHE = (mit weißem Pflaster belegt),

MISCHZEIT = 45 sek., ABGEZOGEN = nach 3 min.

(Tabelle 15)

Versuch	K=Kraft (in gr.)	Kanten- längen (in mm)	F=Fläche (in cm ²)	$\frac{K}{F}$ (in gr.)	M _w Differenz
1	1320	27 x 25	6,75	195	4
2	1240	27 x 23	6,21	200	9
3	1160	25 x 24	6,00	193	2
4	1060	25 x 23	5,75	185	7
5	1130	25 x 24	6,00	+ 188	+ 3
				961	25

ndergebnis: $M_w = \frac{916}{5} = \text{ca. } 191 \text{ gr. pro cm}^2$

$M_w \text{ Abw.} = \frac{25}{5} = 5 (2,6\%)$

$M_w + M_w \text{ Abw.} = 191 \pm 5 (2,6\%)$

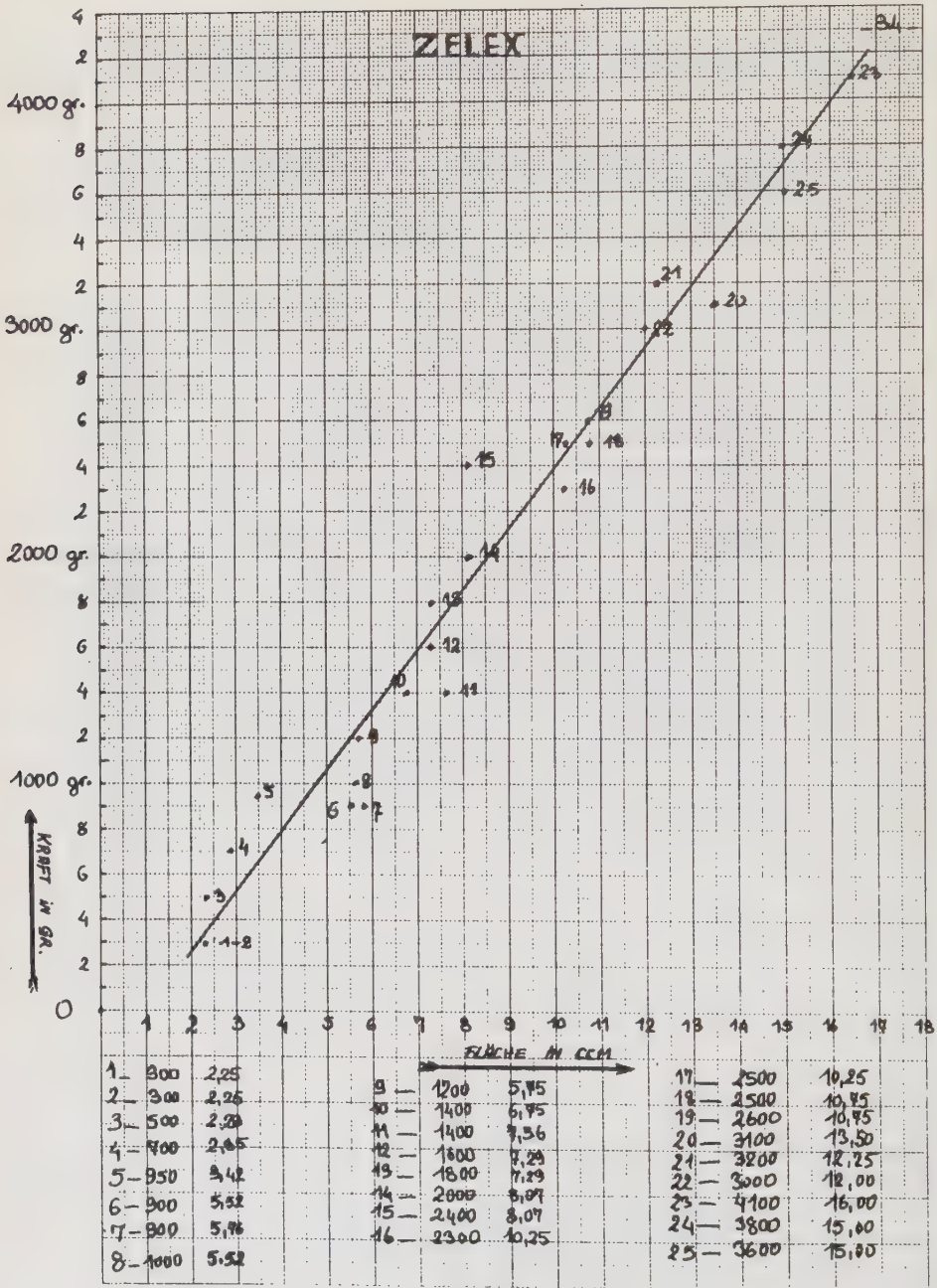
Erläuterungen zu der Versuchsreihe III

An den Endergebnissen sehen wir, daß die Haftung durch die Anwendung von Pflaster wesentlich vergrößert wird. Hier spielen zwei Faktoren eine Rolle

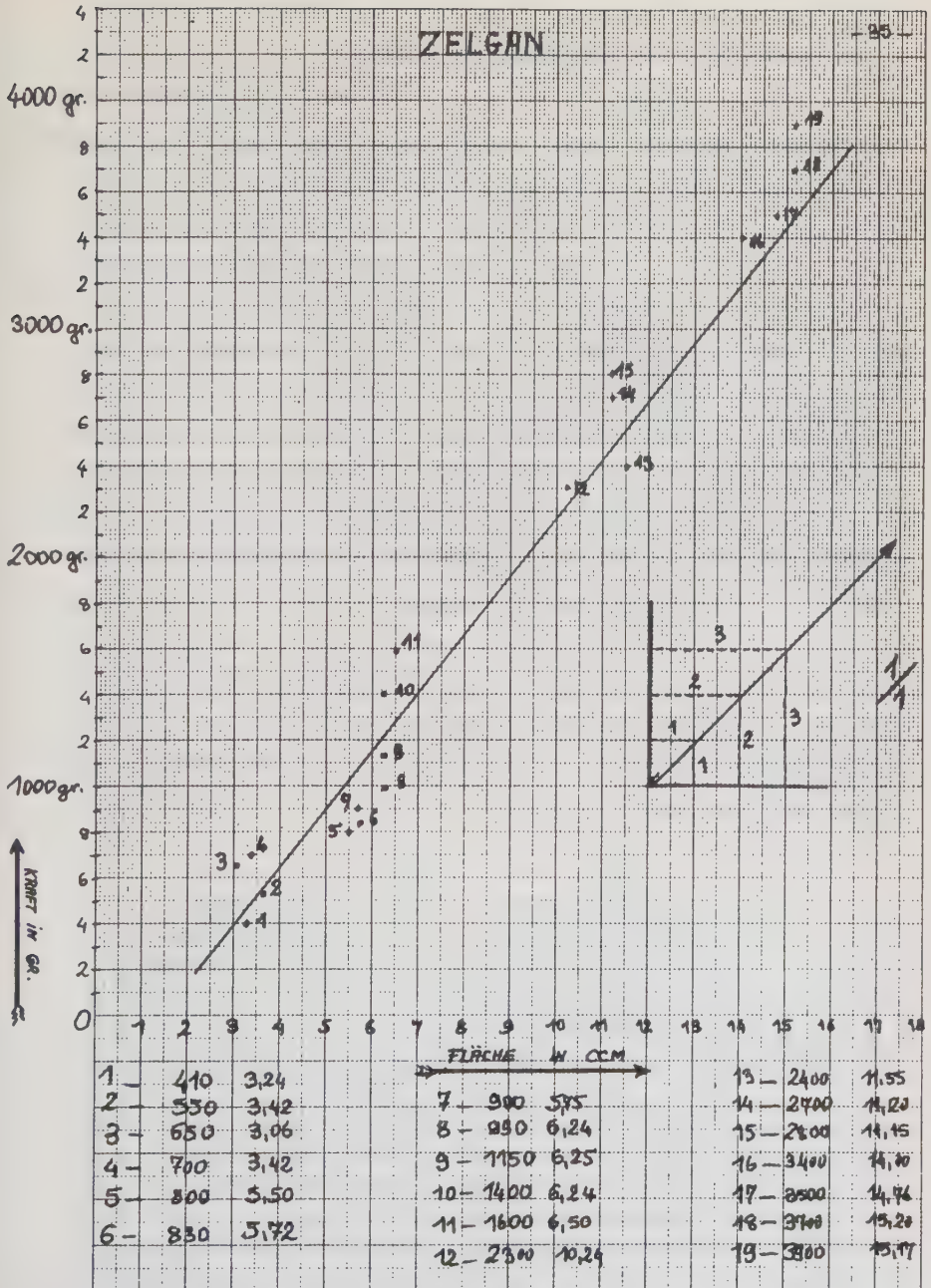
1. Eine mit Pflaster beklebte Fläche wird durch die Gewebsmaschen vergrößert,
2. Diese Fläche ist rauher als eine verchromte Metallfläche.

Vergleicht man die Endergebnisse zwischen perforierten und mit Pflaster beklebten Flächen, liegt der Gedanke nahe, daß die mit Pflaster versehenen Löffel genauso tauglich sein könnten, wie die perforierten. Noch eine Tatsache ist erwähnenswert.

Wie ich einleitend beschrieben habe, verursachen die unter-sich-gehenden Stellen im Bereich der Zähne und des Alveolarfortsatzes eine Ablösung des Abdruckmaterials von der Seite her (s. Abb. 1, 2), die Ablösung pflanzt sich in der Regel von diesen Stellen fort. Beim perforierten Löffel erleiden die "Retentionswürstchen" in dem betreffenden Teil eine Deformation, die beim Nachlassen der Kraft zur Rückfederung führt. Hierbei gewinnen die perforierten Löffel wiederum gegenüber beklebten an Vorteil. Mit anderen Worten, der Beginn der Ablösung wird durch "Retentionswürstchen" verhindert.



(Abb. I)



(Abb. I)

8. BERECHNUNG DER GESAMTEN HAFTUNG AUF EINEM MITTELGROSSEN OBERKIEFER-LÖFFEL

Der wichtigste Teil dieser Arbeit sind natürlich die Berechnungen der gesamten Haftung (K_A) des Abdruckmaterials an den verschiedenen Löffelarten. Es ist logisch, daß je größer die Fläche desto größer die Gesamthaftung K_A wird. Um K_A zu berechnen, müßte man $\frac{K}{F}$ mit der Löffelfläche multiplizieren. Aber bevor ich dieses durchführen kann, muß ich mich vergewissern, ob die zum Abreißen nötige Kraft sich zu der vergrößerten Fläche proportional verhält. Deshalb habe ich noch 45 Versuche mit sich allmählich vergrößernden Flächen gemacht und die Ergebnisse graphisch dargestellt. Wie aus Abb. I ersichtlich ist, ergibt die graphische Darstellung eine Linie, die gegen die beiden Koordinaten in einem Winkel von 45° verläuft. Das bedeutet, rein geometrisch, daß die Kraft (K) der Fläche (F) proportional 1 : 1 ist. (Außerdem kann man hier auch sehr schön den Streubereich studieren.)

Demnach genügt es die Haftung für pro Einheit Quadrat $\frac{K}{F}$ mit der gesamten Löffelfläche zu multiplizieren. Die gesamte Haftung K_A ist dann natürlich von der Löffelgröße abhängig. Bei einem mittelgroßen Oberkiefer-Löffel (Größe 2) beträgt die Fläche etwa 25 cm^2 .

ZELEX

ZELGAN

Glatte	$147 \times 25 = 3,675 \varphi$	$154 \times 25 = 3,850 \varphi$
$R_1 = 3 \text{ mm.}$ $R_2 = 2 \text{ mm.}$	$153 \times 25 = 3,825 \varphi$	$161 \times 25 = 4,025 \varphi$
$R = 3 \text{ mm.}$	$160 \times 25 = 4,000 \varphi$	$179 \times 25 = 4,475 \varphi$
$R = 2 \text{ mm.}$	$176 \times 25 = 4,400 \varphi$	$189 \times 25 = 4,725 \varphi$
Mit rotem Pflaster	$182 \times 25 = 4,550 \varphi$	$189 \times 25 = 4,725 \varphi$
Mit weißem Pflaster	$191 \times 25 = 4,775 \varphi$	$194 \times 25 = 4,850 \varphi$
$R = 1,5 \text{ mm.}$	$198 \times 25 = 4,950 \varphi$	$198 \times 25 = 4,950 \varphi$

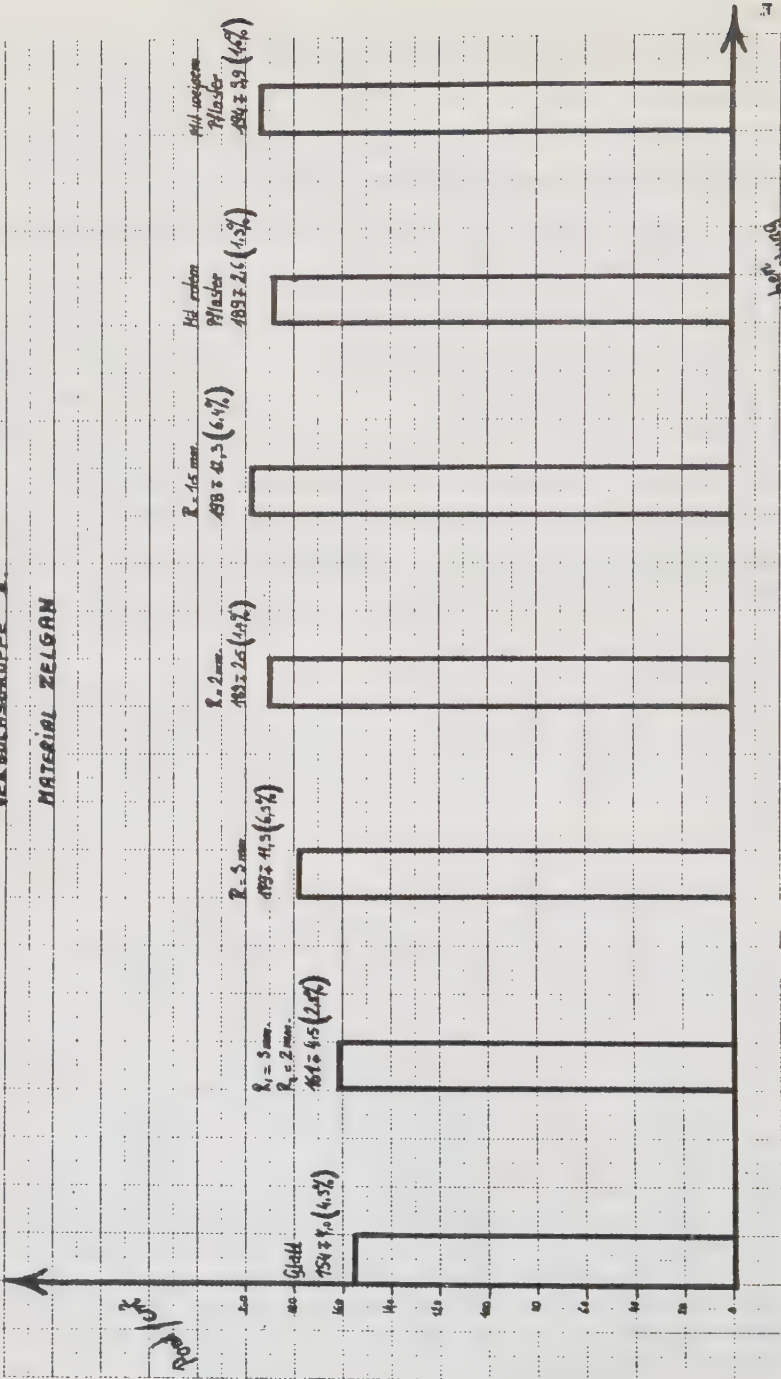
Bei Abdrucklöffeln mit senkrechten Seitenwänden treten noch zusätzliche Abzugkräfte auf. Diese Kräfte sind bei glattflächigen Flächen wesentlich kleiner als bei perforierten. Durch Zylinderversuche hatte ich für 1 cm^2 55 pond gefunden. Dieses ist nicht eine zum Abreißen nötige Kraft, sondern eine Kraft, die notwendig ist die gleitende Reibung zu überwinden. Bei perforierten Löffeln wirken scherende (schneidende) Kräfte, die wiederum von der Dicke der Metallwand abhängig sind.

Aus Abb. 14 ist zu ersehen, daß mit beklebten oder perforierten Löffeln die gesamte Haftung immer noch nicht ausreicht, um eine etwa 25 kg große Kraft zu überwinden, die durchschnittlich bei senkrechtem Abzug zur Überwindung von Adhäsion, Kohäsion und Luftdruck notwendig ist. Diese Überlegung zeigt deutlich, daß wir die Abformmasse nach dem Abbinden nicht einfach senkrecht herunterziehen dürfen. Man sollte deshalb beim Entfernen des Abdruckes den Löffel erst durch den Druck des Zeigefingers von der Seite einer Umschlagfalte her ablösen.

HAFTUNG BEI ADHÄSION / CM²

VERSUCHSGRUPPE I.

MATERIAL ZELGAN



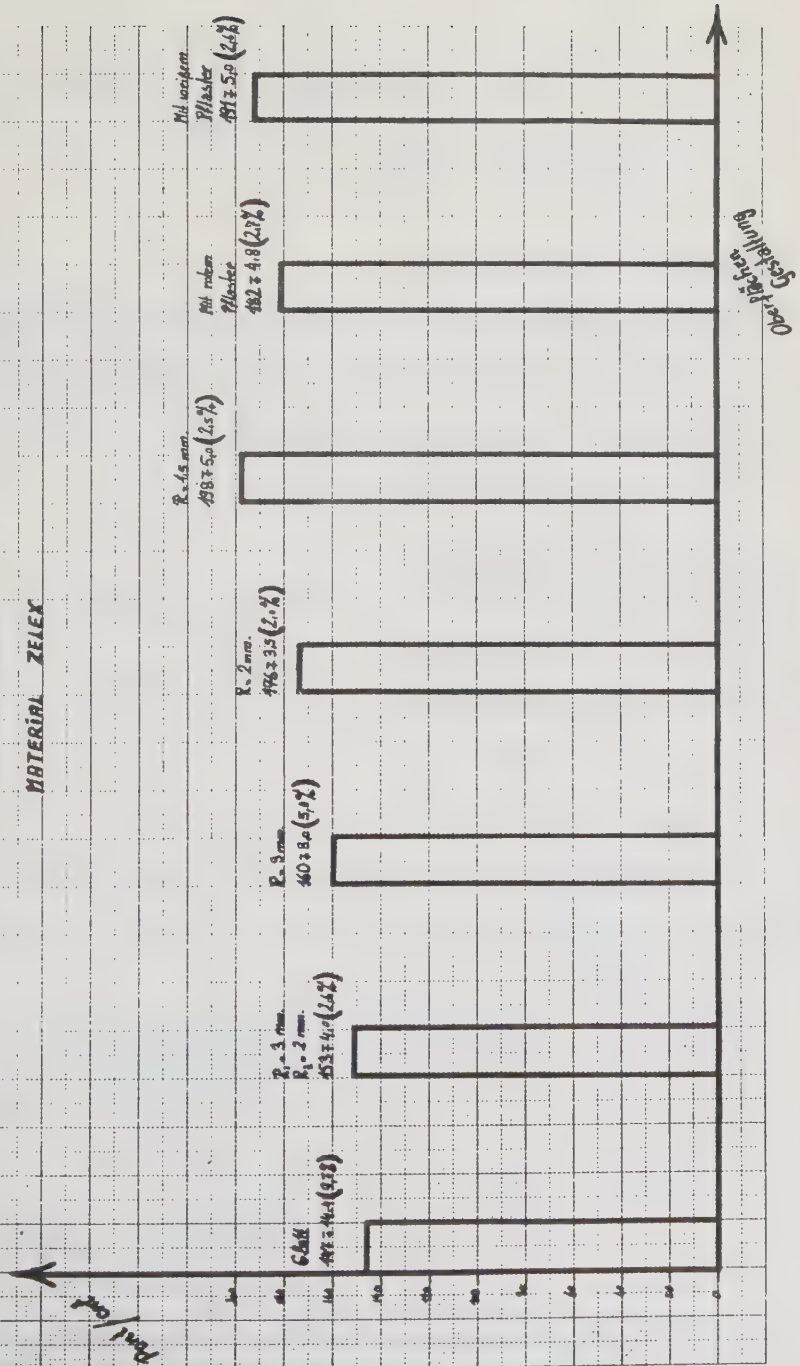
Oberflächen-
Gestaltung

(Abb. III)

HAFTUNG BEI ABZUG / cm^2

VERSUCHSGRUPPE II.

MATERIAL ZELEX



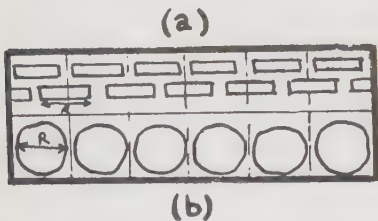
(Abb. II)

9. VORSCHLAG EINES NEUEN FÜR ALGINATE BESONDERS GEEIGNETEN ABDRUCKLÖFFELS

Die Ergebnisse der Untersuchungen veranlaßten mich einen für Alginat-Abdrücke besonders geeigneten Abformlöffel vorzuschlagen. Dabei bin ich von verschiedenen Überlegungen ausgegangen.

1. Seitenwände:

Beim Gleiten des Abdruckmaterials nach oben leisten perforierte Seitenwände einen größeren Widerstand als glattwandige, da ja die "Retentionswürstchen" erst abgeschnitten werden müssen. Wenn man daher den Gesamt-Durchmesser, der bei der Gleitbewegung durchschnitten werden muß, vergrößert, so erhöht sich die Kraft, die für die gleitende Reibung nötig ist.



(Abb. 15)

Bei Abb. 15 b $6 \times R = 6R$ cm

Bei Abb. 15 a $12 \times R = 12R$ cm
müssen durchschnitten werden.

Es kann deshalb festgestellt werden, daß eine rechteckige Gestaltung der Perforationen im Bereich der seitlichen Löffelwände, sich günstig auf die gleitende Reibung auswirkt.



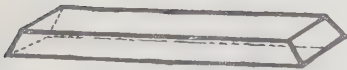
(Abb. 16)

Außerdem erweist es sich als zweckmäßig die Löffelkanten mit einer nach innen gerichteten halbkreisförmigen Krümmung zu versehen, die bei der gleitenden Reibung als endgültige Bremsung dient. Mit Spiralen

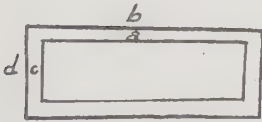
versehene Löffel nehmen einen relativ großen Platz ein, die aber eine genaue Abbildung der Umschlagfalte verhindern könnten.

II. Saugkammer im Molarenbereich:

Vor allem im Molarenbereich gibt es (durch natürliche Zahnformen) unter-sich-gehende Stellen, die beim Abnehmen des Abdruckes eine Ablösung des Materials vom Löffelgrund verursachen. Hier ist das Anlegen einer Vertiefung, wie in der Abb. 17, 18 zu sehen ist, von großem Vorteil.



(Abb. 17)



(Abb. 18)

a) Deformationskraft:

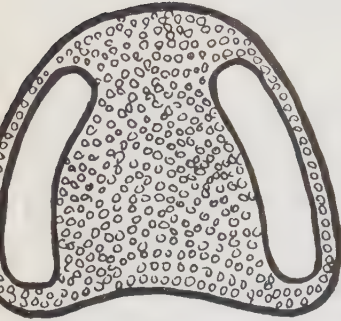
Beim Herunterziehen des Abdruckes muß sich das in der Kammer befindliche Material, wenn es sich ablösen soll, von bd^2 zu ac^2 deformieren, das heißt zusammen-drücken (gleiches Prinzip wie bei der Perforation!).

b) Saugkraft:

Wenn die von unter-sich-gehenden Stellen ausgehende Ablöskraft die Deformationskraft (db^2 zu ac^2) übertrifft, so wird das Material

trotzdem von dem Kammerboden abgelöst und ein Stück hochgezogen. Der nun entstehende luftleere Raum (bzw. luftverdünnte) saugt das Material in seine alte Stellung zurück. Man darf diese Saugkammer nicht unterbewerten, denn 1 cm^2 Boden der Kammer saugt das Material mit der Kraft von 1 kg zurück. Das besagt also, daß bei einem Löffel der beidseitig mit Saugkammern ausgestattet ist, an Haftung gewonnen wird.

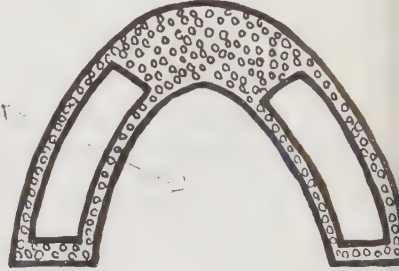
Z.B. bei einer Kammer mit 5 cm^2 großer Bodenfläche gewinnt der Löffel 5 kg an Haftung. Wenn wir bedenken, daß bei günstigster Form der Perforation etwa auf die gesamte Löffelfläche die gleiche Haftung fällt, so sehen wir wie wichtig die Saugkammer sein kann.



(Abb. 19)



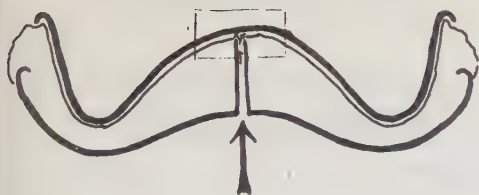
(Abb. 20)



(Abb. 21)

III. Ausschalten des Abziehens des Abdruckes:

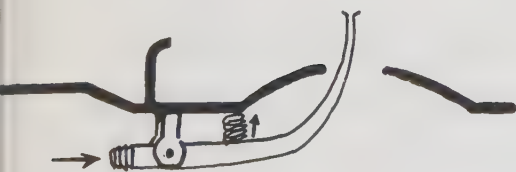
Wir wissen, daß die Ablösung des Abdruckmaterials von der Löffeloberfläche beim Entfernen (Abziehen!) des Abdruckes erfolgt. Deshalb habe ich mir überlegt, wie man die Ablösung von vornherein verhindern könnte. Als Vorbild diene uns ein Löffel, wie er in Abb. 24 zu sehen ist. Die Ablösung dieses mit Abformmasse beschickten Löffels geschieht mit Hilfe eines an einer Kanüle befestigten Gummiballons, der es ermöglicht nach Erstarrung des Abdruckmaterials durch Einpressen von Luft oder Wasser zwischen Gaumendach und Abdruckmasse den Abdruck ohne Verzerrung von Gaumen herunter zu drücken.



(Abb. 22)



(Abb. 23)



(Abb. 24)

Damit ist die für das Entfernen aufzuwendende Kraft sehr klein geworden.

Unter Umständen kann sogar der Abdruck beim Pressen der Luft oder des Wassers von selber herunterfallen.

In dem Bereich, in dem die Kanüle federnd auf dem Gaumen liegt, entsteht natürlich eine Ungenauigkeit. Dies ist jedoch nicht von sehr großer Bedeutung, da diese Stelle (Torus palatinus) bei der Anfertigung der Prothese mit Zinnfolie belegt wird.

10. KRITISCHE BETRACHTUNG

Auf Grund der durchgeführten physikalischen Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß Zelgan und Zelex ein nicht einheitliches Haftvermögen auf unterschiedlich präparierten Flächen aufweisen.

Die Versuche haben gezeigt, daß je nach Retentionsart die gesamte Haftung (K_A) bezogen auf einen mittelgroßen Oberkiefer-Löffel (Größe 2) zwischen 3,500 gr bis 5,000 gr schwankt. Gemessen an der Kraft von 25,000 gr (Luftdruck - Adhäsion, Kohäsion), die erforderlich ist, um einen günstig gelagerten Alginat-Abdruck im Oberkiefer mühelos in vertikaler Richtung von seiner Unterlage abzuziehen, ist die Differenz der Haftung von 1,500 gr nur von kleinem Interesse, zumal die Kraft (25,000 gr) noch erheblich vergrößert wird, wenn es sich um eine abzuformende Kieferpartie handelt, die stark unter-sich-gehende Stellen aufweist.

Obwohl die gefundene Verbesserung der Haftung des Abformmaterials an günstig perforierten Löffeln klein erscheint, bietet sie uns doch einen großen Vorteil. Diese geringe Steigerung der Haftung von 1,500 gr verhindert die sonst unweigerlich auftretende und sich fortpflanzende Anfangsablösung des Materials vom Löffelgrund, was gleichbedeutend ist mit einer völligen Deformation des Abdrucks. Zum anderen bietet uns ein perforierter Metalllöffel einen viel einfacheren und zeitsparenderen Reinigungsprozeß, als dies bei mit Leukoplast beklebten glatten Metallflächen der Fall ist.

Abschließend kann gesagt werden, daß der von mir am Ende der Arbeit vorgeschlagene Löffel bei Alginaten zu günstigen Ergebnissen führen dürfte, obwohl das von mir nicht experimentell nachgewiesen wurde.

11. ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit hatte zur Aufgabe, das unterschiedliche Haftvermögen der elastischen Abdruckmaterialien Zelex und Zelgan an verschiedenartig präparierten Metallflächen, bezogen auf Abdrucklöffel, an Hand experimenteller und physikalischer Untersuchungen festzustellen.

In der Einleitung wurden die Vor- und Nachteile der Abdruckmaterialien wie Gipskompositionen, thermoplastische Abformmassen und Alginat aufgezeigt und gegeneinander abgewogen.

Im Anschluß daran wurde durch eine Versuchsreihe der Durchschnittswert des Haftvermögens von Zelex und Zelgan auf glatten Metallflächen festgestellt. Die gleichen Untersuchungen wurden mit den beiden Präparaten an perforierten Metallplatten durchgeführt, wobei der Durchmesser der Perforationslöcher bei der ersten Kontrollreihe 1,5 mm betrug, bei der zweiten 2 mm, bei der dritten 3 mm und die vierte eine Kombination aus der zweiten und dritten Kontrollreihe darstellte. Gleichzeitig wurde auch die Haftung an mit Pflaster beklebten Metallflächen überprüft.

Die Untersuchungsergebnisse lassen die Schlußfolgerung zu, daß die günstigste Retentionsmöglichkeit die Perforation darstellt und zwar eine Perforation mit möglichst kleinem Durchmesser. Dadurch kann die Anzahl der Perforationen sehr hoch gewählt werden, die Umfangssumme um ein erhebliches vergrößert, was für die Haftung den ausschlaggebenden Faktor darstellt.

Zum Schluß der Arbeit wurde von mir ein Löffelvorschlag gemacht, der bei der Abformung mit Alginaten zu günstigen Ergebnissen führen dürfte.

LITERATURVERZEICHNIS

- DOBKOWSKY, T.: Das elastische Abdruckmaterial, eine zahnärztliche Notwendigkeit.
Zahnärztl. Rdsch., 12, 203, (1949)
- HENKEL, G.: Vergleichende Untersuchungen an Abdruckmaterialien.
Dt.Zahnärztl.Z., 8, 646, (1955)
- ILG, V.K.: Untersuchungen zur Volumen und Formbeständigkeit der Alginat-Abdruckmassen.
Zahnärztl. Welt, 5, 75, (1950)
- ILG, V.K.: Vergleichende Untersuchungen zur Feststellung der Abdruckgenauigkeit von Alginat-Abdrucken.
Dt.Zahnärztl.Z., 5, 415 u. 494, (1950)
- MEYER, H.: Über die Prüfung elastischer Abformmassen.
Dt.Zahnärztl.Z., 10, 562, (1956)
- MOSSDORF, M.: Eine praxisnahe Untersuchungsmethode elastischer Abdruckmassen.
Zahnärztl. Welt, 1, 16, (1951)
- NEUMANN, H.: Elastische Abdruckmassen.
Dtsch.Dent.Zschr., 2, 93, (1951)
- PLISCHKA, G.: Fehlerquellen und Formveränderungen der Verarbeitung von Alginaten.
Zahnärztl. Rdsch., 16, 437, (1955)

- SCHADE, W.: Rationelle Abdrucktechnik mit elastischer Abdruckmasse.
Dt.Zahnärztl.Z., 5, 1136, (1950)
- SCHWEIZER, H.: Über chemische, physikalische, klinisch-technische Untersuchungen auf der Basis der Alginate.
Das Dtsch.Zahnärztebl., 3, 154, (1953)
- SCHWINDLING, R.: Alginat-Abdruckmasse und individueller Abdrucklöffel.
Dt.Zahnärztl.Z., 5, 1547, (1957)
- SCHWINDLING, R.: Über das chemisch-physikalische Verhalten der Alginat-Abdruckmassen bei Verwendung verschiedener Modellwerkstoffe.
Dt.Zahnärztl.Z., 8, 1200, (1954)
- SCHWINDLING, R.: Über die Formveränderung unmittelbar nach der Abdrucknahme mit Gips ausgegossener Alginat-Abdruckmassen und ihre Ursachen.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk., 5, 67, (1952)
- SPRING, K.L.: Über die Anwendung elastischer Abdruckmassen.
Österr.Zschr.Stomat., 5, 93, (1953)
- STOCKFISCH, H.: Untersuchungen über Formbeständigkeit des Zelex-Abdruckes.
Zahnärztl.Welt, 6, 304, (1951)
- WUPPER, H.: Untersuchungsergebnisse der gebräuchlichsten Abdruckmaterialien in Bezug auf ihre Formentreue.
Dtsch.Dent.Zschr., 6, 85, (1955)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Priv.Doiz.Dr.L. Hupfauf für die freundliche Überlassung des Themas und seine wertvollen Anregungen meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Gleichzeitig gilt mein Dank meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof.Dr.F. Jung für seine liebenswürdige wissenschaftliche Unterstützung.

Nicht zuletzt möchte ich mich ganz besonders herzlich bedanken bei Herrn Dr. J. Lückert aus dem Institut für Angewandte-Physik für seine höchst wertvolle wissenschaftliche und technische Anregung und Unterstützung.

Lebenslauf

Am 3. April 1933 wurde ich, Cengiz TOKMAN, als Sohn des Kaufmanns Mashar TOKMAN und seiner Ehefrau Ratibe, geborene Sariali, in Afyon (Türkei) geboren. Von 1939 bis 1945 besuchte ich die Volksschule in Ankara. Mit 13 Jahren wurde ich am gleichen Ort in das Gymnasium versetzt, wo ich 1954 die Reifeprüfung bestand. Im Wintersemester 1955/56 immatrikulierte ich mich an der Universität in Köln zum Studium der Zahnmedizin. Im August 1959 legte ich die Zahnärztliche Vorprüfung und am 3. September 1962 das Staatsexamen an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz ab. Ich beabsichtige mich als praktischer Zahnarzt in Ankara (Türkei) niederzulassen.

